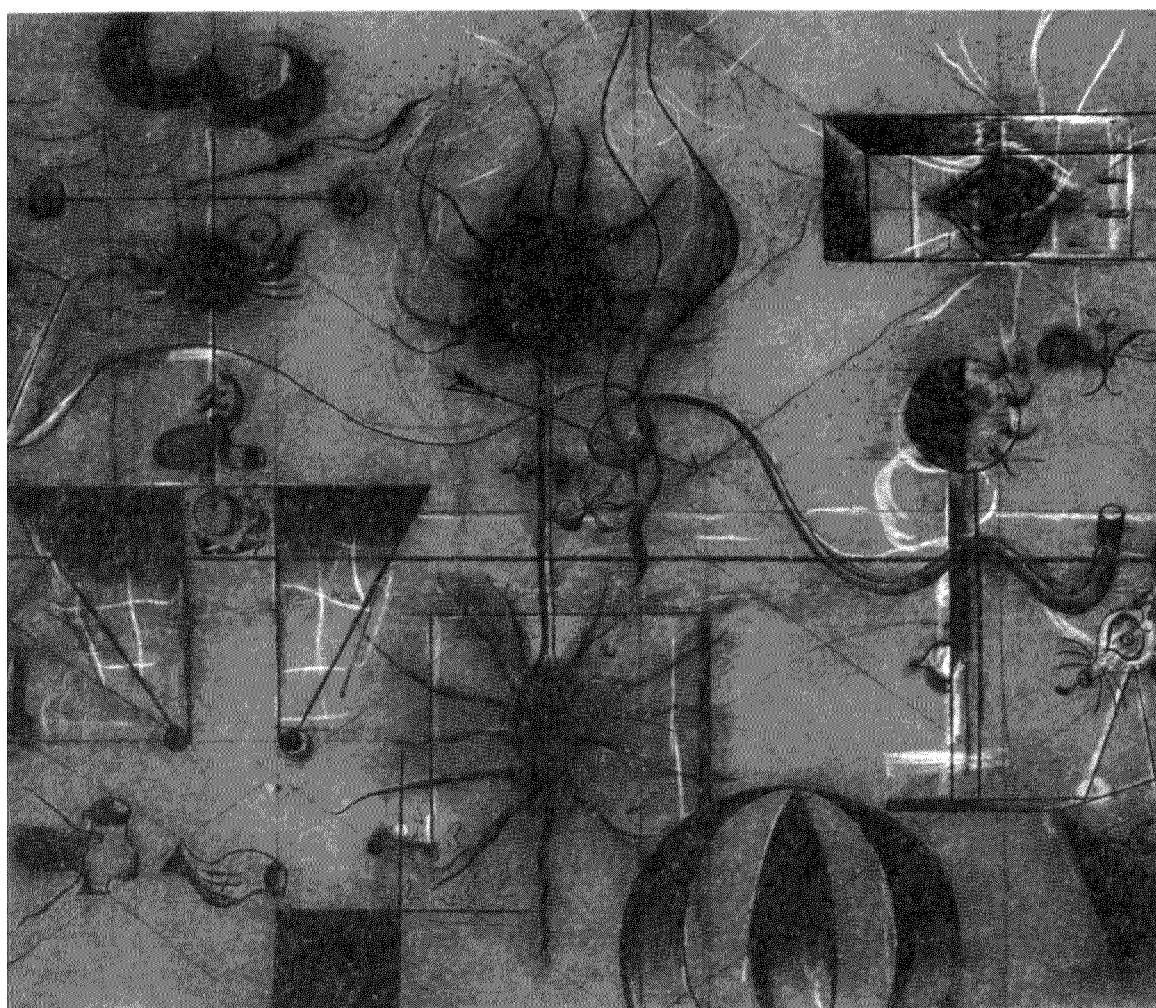




Joan Miró, Η οικογένεια, 1924.

Συζητώντας για μια «Τελική Θεωρία» στη Φυσική*

Σκέψεις με αφορμή το βιβλίο του Steven Weinberg

Όνειρα για μια Τελική Θεωρία (Κάτοπτρο, Αθήνα, 1995)

Ο Steven Weinberg είναι ένας από τους πλέον διαπρεπείς θεωρητικούς φυσικούς της εποχής μας. Δίδαξε στο MIT και στα Πανεπιστήμια Κολούμπια, Μπέρκλεϊ και Χάρβαρντ, προτού γίνει καθηγητής στο Πανεπιστήμιο του Τέξας, στο Ώστιν, το 1982. Είναι μέλος πολλών επιστημονικών ενώσεων και το έργο του στη φυσική στοιχειωδών σωματιδίων έχει τιμηθεί με πολλά βραβεία και μετάλλια· μεταξύ άλλων, το 1979 πήρε το Βραβείο Νόμπελ Φυσικής και το 1991 το Εθνικό Μετάλλιο Επιστημών των ΗΠΑ. Έχει γράψει τα (μάλλον) εκλαϊκευτικά βιβλία *The First Three Minutes*, *The Discovery of Subatomic Particles*, *Elementary Particles and the Laws of Physics* (με τον Richard Feynman), το σύγγραμμα *Gravitation and Cosmology*, την τρίτομη πραγματεία *The Quantum Theory of Fields*, που συνιστά το magnum opus του, καθώς και περισσότερα από διακόσια άρθρα με θέμα την φυσική στοιχειωδών σωματιδίων και την κοσμολογία. Επίσης, εδώ και χρόνια, αρθρογραφεί για θέματα επιστήμης στα περιοδικά *The New York Review of Books* και *Scientific American*.

Το βιβλίο *Όνειρα για μια Τελική Θεωρία* (*Dreams of a Final Theory*), το οποίο προσέφερε τα ερεθίσματα για τις σκέψεις που ακολουθούν, είναι το τελευταίο του απ' όσα απευθύνονται στο ευρύ κοινό που έχει ενδιαφέρον για τις εξελίξεις στον χώρο της Φυσικής. Χωρίζεται σε δύο βασικές ενότητες (η πρώτη αποτελείται από τα κεφάλαια 2, 3, 10, 11, ενώ η δεύτερη αποτελείται από τα κεφάλαια 4, 5, 6, 8, 9) και δύο συμπληρωματικά θέματα (που αναπτύσσονται στα κεφάλαια 7 και 19, αντίστοιχα). Όλα αυτά «ξεληρνούν» από το κεντρικό θέμα του βιβλίου, που είναι το θαρραλέο εγχείρημα του Weinberg να συζητήσει έλλογα, και με όσο το δυνατόν επιστημονικότερα επιχειρήματα, το όραμα μιας τελικής φυσικής θεωρίας. Ένα όραμα (ή όνειρο) που, όντως, συνεπαίρνει σήμερα τους ερευνητές που ζούνε με πάθος τις μεγάλες επιτυχίες της σημερινής (ατελούς) θεωρίας, τον προχωρημένο χαρακτήρα των ερωτημάτων που έχουν τεθεί στην ημερήσια διάταξη, καθώς και τον θαυμαστό πλούτο των ιδεών που επιστρατεύονται στις απόπειρες απάντησης στα ερωτήματα αυτά.

Στην πρώτη ενότητα κεφαλαίων ο Weinberg καταπιάνεται με τα επιστημολογικά και

Ο Γιώργος Α. Ευαγγελόπουλος είναι δικηγόρος, υποψήφιος διδάκτωρ.

* Οι παρατηρήσεις και οι σκέψεις που αναπτύσσονται στο παρόν κείμενο αποτελούν το προϊόν ενός γόνιμου διαλόγου μου με τον Πέτρο Δήτσα, του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου της Κρήτης. Του οφείλω ότι οφείλει κάθε μαθητής στον κατ' ουσία και όχι τύποις δάσκαλό του.

φιλοσοφικά προβλήματα που βλέπει να σχετίζονται άμεσα με τη δυνατότητα μορφοποίησης μιας τελικής φυσικής θεωρίας.

Πιο συγκεκριμένα, στα κεφάλαια 2 και 3 (το κεφάλαιο 1 είναι Πρόλογος) υπερασπίζεται την ενότητα-συνεκτικότητα της επιστημονικής γνώσης του κόσμου και τον προοδευτικά θεμελιωδέστερο χαρακτήρα της, που οδηγεί στην αίσθηση της βαθύτερης κατανόησης (με την έννοια της λογικής εξήγησης) των φαινομένων. Θεωρεί ότι το θεμέλιο της ενότητας αυτής είναι η γνώση των φυσικών νόμων και υποστηρίζει έναν κάπως αντιφατικό αναγωγισμό: επιμένει ότι τα βέλη κάθε επιστημονικής εξήγησης (explanation) συγκλίνουν τελικά στην επίκληση των φυσικών νόμων, αν και η γνώση αυτών των νόμων, από μόνη της, έχει μικρή παραγωγική ισχύ (deductive power) σε επιστήμες όπως η Βιοχημεία ή η Βιολογία, που χρειάζεται να αναπτύξουν ένα σχετικά αυτόνομο σύνολο εννοιών και μεθόδων για την οργάνωση και κατανόηση των φαινομένων που μελετούν. Ίσως, μάλιστα, ο Weinberg να κάνει κατάχρηση της έννοιας «εξήγηση», όταν τη χρησιμοποιεί στο πλαίσιο του αναγωγισμού του: μάλλον θα 'πρεπε να μιλάει για τη Φυσική ως ένα βάθρο ή πλαίσιο για την οικοδόμηση της επιστημονικής θεωρίας της Βιολογίας, οπότε, ουσιαστικά, γλιστράμε «απλώς» σε μια αναδιατύπωση της ενότητας της επιστημονικής γνώσης.

Στο σημείο αυτό θα μπορούσαμε να αναφέρουμε μια ανάλογη σχέση, την οποία ο Weinberg ελάχιστα επισημαίνει: η γλώσσα από κοινού με τα Μαθηματικά είναι ένα βάθρο-πλαίσιο για την οικοδόμηση της επιστημονικής θεωρίας της Φυσικής. Η διαφορά είναι ότι η γλώσσα, και κυρίως τα Μαθηματικά, έχουν το προνόμιο της ελευθερίας (με κάποιους λειτουργικούς περιορισμούς) δημιουργίας. Μήπως τα Μαθηματικά είναι «απλώς» μία προέκταση της περιγραφικής γλώσσας, με τρόπους που εξασφαλίζουν πολύ γόνιμη και ταυτόχρονα αυστηρή παραγωγική ισχύ;

Τα υπόλοιπα κεφάλαια (10 και 11) της πρώτης ενότητας, αν και έχουν τη σφραγίδα της τολμηρής και ταυτόχρονα οργανωμένης και ακριβολόγου σκέψης του Weinberg, δεν περιέχουν κάποια πρωτότυπη πειστική πρόταση του ίδιου του συγγραφέα, με μία εξαίρεση: πιστεύει ότι η τελική θεωρία θα είναι λογικά απομονωμένη (logically isolated), δηλαδή κάθε απόπειρα μικρής αλλαγής της θα οδηγούσε στην ανατροπή του συνόλου. Είναι ένα κριτήριο που ο Weinberg υποστηρίζει πειστικά στη δεύτερη ενότητα (σε διάφορα κεφάλαια), η οποία και συνιστά το πραγματικά εξαιρετικό τμήμα του βιβλίου.

Προηγουμένως, όμως, είναι σκόπιμο να ασχοληθούμε, έστω επί τροχάδην, με τα δύο κάπως «αυτόνομα» κεφάλαια, 7 και 12. Στο κεφάλαιο 7 («Εναντίον της φιλοσοφίας») ο συγγραφέας πραγματεύεται, επικαλούμενος αρκετά ιστορικά επεισόδια (μερικά των οποίων είναι αλχητρικά), αυτό που αποκαλεί «παράδοξη ή παράλογη (unreasonable) αναποτελεσματικότητα της φιλοσοφίας» (σε αντιδιαστολή με την «παράδοξη ή παράλογη (unreasonable) αποτελεσματικότητα των Μαθηματικών», γνωστή φράση του E. Wigner). Στρέφεται, κυρίως, εναντίον του θετικισμού και του φιλοσοφικού σχετικισμού (που αρνείται την αντικειμενικότητα στις επιστήμες) και είναι πειστικός. Το κεφάλαιο 12 («Στην κομητεία του Έλλις») είναι μια καλοζυγισμένη εξιστόρηση της προσπάθειας κατασκευής του Superconducting Super Collider (Υπεραγωγίμου Υπερεπιταχυντή) ή, σε συντομογραφία, SSC, των επιστημονικών προσδοκιών από την λειτουργία του, καθώς και των πολιτικών συγκυριών που τελικά ανέτρεψαν το σχέδιο, ματαιώνοντας τη χρηματοδότησή του από το Κογκρέσο.

Ο Weinberg, βέβαια, υποστηρίζει, και μάλιστα πειστικά, την επιστημονική αναγκαιότητα της κατασκευής του SSC. Αποτέλεσμα ήταν να θεωρηθεί από αρκετούς, άδικα, ότι το βιβλίο του αποτελεί ένα μανιφέστο υπέρ του SSC και να δυσφημισθεί ανάλογα. Λέω άδικα, διότι όλο το κεφάλαιο είναι πολύ προσεκτικά γραμμένο, χωρίς καμία επιστημονική ανακρίβεια ή υπερβολή. Και γενικότερα, ο «οραματισμός», που είναι το θέμα του βιβλίου, διαχωρίζεται σε όλο το κείμενο προσεκτικά από τα πραγματικά θεωρητικά επιτεύγματα: η σαφήνεια της γραφής του Weinberg είναι τέτοια που η διαχωριστική γραμμή είναι αμέσως ορατή.

Πριν προχωρήσουμε, ας σημειώσουμε ότι ο Roger Penrose, σε κριτικό του άρθρο¹ για το εν λόγω βιβλίο, στην ουσία δεν ασχολείται με τα μέρη του βιβλίου στα οποία αναφερθήκαμε ως τώρα: είναι φανερό ότι δεν τον ενδιαφέρουν ιδιαίτερα. Γενικότερα, ο Penrose αντιδρά με έμφαση στα θέματα του βιβλίου που αντιστοιχούν στα δικά του ερευνητικά ενδιαφέροντα. Έτσι, η «αντιπαράθεση» αφήνει περιθώρια να κάνει κανείς μία ενδιαφέρουσα σύγκριση των ερευνητικών ιδιοσυγκρασιών των δύο ανδρών: θα το επιχειρήσουμε στη συνέχεια, σκιαγραφώντας ενίοτε και τη δική μας θέση απέναντι στις «διαφωνίες» τους.

Ας έρθουμε τώρα στην εξέταση του περιεχομένου των κεφαλαίων που συναπαρτίζουν τη δεύτερη θεματική ενότητα του βιβλίου. Το κεφάλαιο 4 («Η κβαντική μηχανική και τα προβλήματά της») είναι κάπως αυτόνομο, συνιστά μια απόπειρα συνόψισης της τόσο αποτελεσματικής, αλλά διαισθητικά παράδοξης, υψής της Κβαντομηχανικής, καθώς και αποτίμησης της αντοχής αυτής στο πλαίσιο της οραματιζόμενης τελικής θεωρίας. Πρόκειται, όπως τονίζει ο Weinberg, για παράδοξα που αφορούν την ερμηνεία και όχι την εφαρμογή της Κβαντικής Μηχανικής. (Εξάιρεση αποτελεί η εφαρμογή της Κβαντικής Μηχανικής στις πρώτες στιγμές του κοσμολογικού προτύπου της Μεγάλης Έκρηξης, όπου υπάρχουν προβλήματα εφαρμογής της, καθώς και στην ενσωμάτωση αλληλεπιδράσεων μεταξύ σωματιδίων με σπιν $\geq 3/2$ h.) Οι μάταιες προσπάθειες του Weinberg να αλλάξει τη γραμμικότητα της Κβαντικής Μηχανικής, με όρους οι οποίοι θα είναι μικροί (μη παρατηρήσιμοι πειραματικά) στις συνθήκες όπου η Κβαντική Μηχανική έχει ελεγχθεί, τον οδηγούν στο να θεωρεί πιθανότατα την επιβίωση της βασικής δομής της στην «τελική» θεωρία, αν και η δομή αυτή ίσως εφαρμοσθεί σε νέου τύπου θεμελιώδη συστήματα (π.χ. χορδές) και στις αλληλεπιδράσεις τους. Δεν διευκρινίζει τι διακρίνει ως βασική δομή της Κβαντικής Μηχανικής, αλλά μάλλον εννοεί τη δυνατότητα περιγραφής των φυσικών φαινομένων στο πλαίσιο ενός (δεότως εκτενούς) διανυσματικού χώρου Χίλμπερτ.

Ο Weinberg δίνει, όμως, αρκετή έμφαση στο πρόβλημα της κβαντομηχανικής μέτρησης, δηλαδή στο πρόβλημα της απότομης αναγωγής της κυματοσυνάρτησης, κατά την πιθανοκρατική ερμηνεία των αλληλεπιδράσεων εκείνων που είναι κατάλληλες να ερμηνευθούν ως μετρήσεις φυσικών μεγεθών (δηλαδή ιδιοτιμών κάποιων ερμιτιανών τελεστών) – δείτε τη συζήτηση των Τάινι Τιμ και Εμπένιξερ Σκρουτζ, ηρώων της *Χριστουγεννιάτικης Ιστορίας* του Καρόλου Ντίκενς, καθώς και τα σχόλια του Weinberg που ακολουθούν.

Ο Weinberg ομολογεί τη δυσφορία του για την ύπαρξη του «προβλήματος», όμως –σε αντίθεση με τον Penrose– δεν το θεωρεί θεμελιώδες πρόβλημα της σημερινής θεωρίας, αλλά, μάλλον, πρόβλημα προκαταλήψεων (άρρητων υποθέσεων) ενσωματωμένων στη γλώσσα και στον τρόπο σκέψης μας, που δυσκολεύουν μια πλήρως κβαντομηχανική περιγραφή του ρόλου που παίζουν οι παρατηρητές στις συνήθεις διαδικασίες μετρήσεων. Θεωρεί μια τέ-

τοια περιγραφή εφικτή και το σχετικό πρόβλημα μάλλον ασύνδετο με την εφαρμογή της Κβαντικής Μηχανικής στην πρώτη Κοσμολογία.

Αντίθετα, ο Penrose θεωρεί την απότομη αναγωγή της κβαντικής συνάρτησης ως θεμελιώδες δυναμικό πρόβλημα της Κβαντικής Μηχανικής: είναι αυτό που έχει ονομάσει ως R-διαδικασία στα βιβλία του *Ο νέος αυτοκράτορας* (;)² (N.A.) και *Σκιές του Νου*³ (Σ.Ν.), και επιδιώκει να την περιγράψει ως πραγματική φυσική διαδικασία. Στο Σ.Ν. ο Penrose σχιζογραφεί μια ενδιαφέρουσα αλλά ασαφή (κατά δική του ορολογία) υπόθεση, σύμφωνα με την οποία η επαλληλία δύο (ή περισσότερων) κβαντικών καταστάσεων είναι κατ' αρχήν ασταθής και «συρρικνώνεται»-«αποσυντίθεται» (decays) στις συνιστώσες καταστάσεις με ρυθμό ανάλογο προς την αβεβαιότητα (διασπορά) της ενέργειας βαρυτικών αλληλεπιδράσεων στην κατάσταση επαλληλίας. Καθώς η υπόθεση δεν «ολοκληρώνεται» σε συγκεκριμένες μαθηματικές οδηγίες, είναι δύσκολο να τη διαψεύσει κανείς.

Η διαφορά των δύο επιστημόνων ως προς την Κβαντική Μηχανική συνοψίζεται συμπερασματικά σε δύο φράσεις: ο Weinberg δηλώνει ότι, αν κάτι από την παρούσα κατανόησή μας για τη φύση έχει πιθανότητα να επιβιώσει στην «τελική» θεωρία, αυτή είναι η Κβαντική Μηχανική (βλ. αρχή κεφαλαίου 9), ενώ ο Penrose, αντίθετα, πιστεύει (βλ. τελευταία στήλη στη σελίδα 81 της κριτικής του), ότι καμία θεωρία δεν πρόκειται να έχει πιθανότητα να επιβιώσει ως «τελική» αν δεν ενσωματώσει σημαντικές αλλαγές του σημερινού πλαισίου της Κβαντικής Μηχανικής.

Μια τρίτη άποψη θα μπορούσε να συνίσταται στην ακόλουθη προσδοκία: ο ρόλος του χωροχρόνου, από παθητικός στη σημερινή Κβαντική Μηχανική, να γίνει δυναμικός με τη συνεπή κβάντωση του πεδίου βαρύτητας, με συνέπεια να προκύψουν πρόσθετα «παράδοξα» κβαντικής συμπεριφοράς του χωροχρόνου στη μελλοντική θεωρία, κάτι, δηλαδή, ανάλογο με την κβάντωση των διευθύνσεων του σπιν. Τότε, ενδεχομένως, η μετρική Μινκόφσκι, καθώς και ο συναφής μηδενισμός της κοσμολογικής σταθεράς, θα γίνουν επιμέρους συνέπειες (αποτελέσματα) της δυναμικής των αλληλεπιδράσεων που προσδίδουν στα στοιχειώδη σωμάτια τις ευσταθείς μάζες τους.

Επίσης, δεν θα ήταν παράτολμο να υποστηριχθεί ότι τόσο ο Weinberg όσο και ο Penrose δεν αναδεικνύουν ορισμένα επιτεύγματα της Κβαντικής Μηχανικής που είναι μοναδικής σημασίας για την κατανόηση της φύσης. Εννοούμε την εξήγηση από την Κβαντική Μηχανική της ευστάθειας των εντοπισμένων υλικών δομών, χάρη στην επιβολή ασυνεχών (διάκριτων) χαρακτηριστικών στα συστήματα του μικρόκοσμου, παρά το συνεχές του χωροχρόνου. Αυτή η διάκριτη ατομικότητα των μικρών δομών εξασφαλίζει, ακόμη, μια ανοσία απέναντι στα μικρά σφάλματα στην αποθήκευση και μεταφορά πληροφοριών και ενέργειας, και τελικά διέπει την ανεκτίμητη ιδιαιτερότητα όλων των φυσικοχημικών και βιοχημικών αντιδράσεων. Εννοούμε, επίσης, την εξήγηση του αδιάκριτου των σωματιδίων ιδίου τύπου, καθώς και της ύπαρξης αντισωματιδίων στα πλαίσια της Κβαντικής θεωρίας Πεδίων. Τα δομικά χαρακτηριστικά της Κβαντικής Μηχανικής που οδηγούν στα παραπάνω επιτεύγματα, όχι μόνον θα επιζήσουν κάθε τροποποίησης της θεωρίας, αλλά, μάλλον, και θα επεκτείνουν την επικράτειά τους σε μία κβαντική θεωρία του «κενού» και του «χωροχρόνου», προκειμένου να εξηγηθούν ευσταθείες που προς το παρόν επιβάλλονται ως αξιωματικές απαιτήσεις με εμπειρική προφάνεια.

Επιστρέφοντας στο κείμενο του Weinberg πρέπει να πούμε ότι το κεφάλαιο 5 («Ιστορίες για τη θεωρία και το πείραμα») συνιστά μια απόπειρά του να εξηγήσει τη γεμάτη απρόοπτα αλληλεπίδραση θεωρίας και πειράματος στη σύγχρονη φυσική, μια αλληλεπίδραση όπου η «εξηγητική ομορφιά» των θεωριών παίζει ολοένα και σημαντικότερο ρόλο. Ο Weinberg εξετάζει, σε αδρές γραμμές, τρία παραδείγματα: τη διατύπωση της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας, τη συνεπή ολοκλήρωση της Κβαντικής Ηλεκτροδυναμικής με τη θεωρία της ανακανονικοποίησης (renormalization) και την ιστορία της σύγχρονης θεωρίας των ηλεκτρασθενών αλληλεπιδράσεων (για τη συνεισφορά του στην τελευταία τιμήθηκε με το Νόμπελ).

Εδώ συναντά κανείς αρκετές ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις, αξιοπρόσεκτα λογικά συμπεράσματα, όμως οι ανιστορήσεις του δεν είναι πραγματικά διαφωτιστικές ως ιστορικές αναλύσεις. Ο Weinberg «φλερτάρει» ως ερασιτέχνης με την ιστορία της σύγχρονης φυσικής, αλλά είναι φανερό ότι δεν έχει διαθέσει την προσπάθεια και τον χρόνο που απαιτείται για μια βαθύτερη και σφαιρική ιστορική ανάπτυξη. Πρόκειται περισσότερο για τη «ματιά» ενός πρωτοπόρου ερευνητή, ο οποίος επισημαίνει μερικά σημαντικά πράγματα που τείνει να υποτιμήσει ο «συστηματικός», αλλά χωρίς τις εμπειρίες ενός Weinberg, ιστορικός της σύγχρονης φυσικής.

Τα κεφάλαια 6, 8 και 9 είναι τα ωραιότερα του βιβλίου και ουσιαστικά αποτελούν μια ενότητα όπου ο συγγραφέας προσπαθεί να μοιραστεί με τον αναγνώστη την πρωτογενή βαθιά του γνώση για την εξηγητική ομορφιά της σύγχρονης θεωρίας υψηλών ενεργειών. Οι τίτλοι («Ομορφες θεωρίες», «Η μελαγχολία του 20ού αιώνα», «Η μορφή της τελικής θεωρίας») αποπνέουν έναν συναισθηματισμό ξένο προς την συγκρατημένη ιδιοσυγκρασία του Weinberg. Θα προσπαθήσουμε να σκιαγραφήσουμε συνοπτικά τα κύρια μοτίβα του.

Αυτό που ο Αμερικανός φυσικός ξεχωρίζει –και, μάλλον, σωστά– ως το απόσταγμα της κερδισμένης «σοφίας» από την εξέλιξη της φυσικής των θεμελιωδών αλληλεπιδράσεων στη διάρκεια του αιώνα μας είναι ότι οι θεμελιώδεις φυσικοί νόμοι έχουν μια «κλασική» ομορφιά και κάποια «λογική» αναγκαιότητα, που απορρέουν από την ιστορικά διαπιστωμένη τάση τους να εκφράζουν τοπικές φυσικές συμμετρίες, των οποίων η επικράτεια συνεχώς διευρύνεται.

Αναφερόμαστε σε συμμετρίες νόμων και όχι φυσικών συστημάτων. Μάλιστα βασικής σημασίας υπήρξε η πρόσθετη συνειδητοποίηση ότι, όχι μόνον τα επιμέρους φυσικά συστήματα, αλλά και ολόκληρο το (προσιτό) «σύμπαν» (μας) μπορεί να «περνά» από καταστάσεις που δεν υπακούουν στις ιδιότητες συμμετρίας των θεμελιωδών νόμων: μιλάμε τότε για «αυθόρμητη θραύση της συμμετρίας» (spontaneous symmetry breaking), αν και θα ήταν ορθότερο να μιλάμε για «κρυμμένη συμμετρία». Μια συμμετρία χαρακτηρίζεται από μία ομάδα μετασχηματισμών μερικών φυσικών μεγεθών που αφήνουν τη διατύπωση των νόμων αναλλοίωτη, αλλά οι ευσταθείς φύσεις των αναλλοίωτων εξισώσεων συχνά δεν είναι αναλλοίωτες στους μετασχηματισμούς αυτούς και τότε έχουμε την «αυθόρμητη θραύση της συμμετρίας». Οι συμμετρίες λέγονται τοπικές, επειδή οι μετασχηματισμοί μπορούν να γίνουν διαφορετικά (ανεξάρτητα) σε κάθε χωροχρονικό σημείο. Τέλος, με τον όρο «διεύρυνση της επικράτειας» των τοπικών συμμετριών εννοούμε ότι από τις χωροχρονικές συμμετρίες (μετασχηματισμούς Πουανκαρέ) προχωρήσαμε στις λεγόμενες εσωτερικές συμμε-

τρεις, όπου μετασχηματίζονται οι ταυτότητες των σωματιδίων μεταξύ τους. Η διεύρυνση αυτή, ιδιαίτερα η τελευταία, είναι καθαρά κβαντικού χαρακτήρα, εκφράζεται ως μία επέκταση της κβαντικής αρχής της επαλληλίας και ισχύει για τις τοπικές αλληλεπιδράσεις και για την καινηματική σε πολύ μεγάλες ενέργειες, όταν οι μάζες των σωματιδίων είναι ενεργειακά αμελητέες. Με δυο λόγια, οι μετασχηματισμοί συμμετρίας πρέπει να πραγματοποιούνται μέσω γραμμικών παραστάσεων των αντιστοιχών ομάδων.

Ο Weinberg τονίζει ότι αναφέρεται στην «κλασική» ομορφιά αρχών και ιδεών και όχι εξωτερικών ποιοτικών χαρακτηριστικών, όπως είναι ο αριθμός και η απλότητα των εξισώσεων ή ο αριθμός των διαφορετικών στοιχειωδών σωματιδίων. Και στο ερώτημα γιατί τα «αισθητικά» κριτήρια των φυσικών και των μαθηματικών λειτουργούν συχνά ως επιτυχείς οδηγοί στην έρευνα προτείνει ως πιθανότερη εξήγηση ότι το σύμπαν λειτουργεί σαν ένας «μηχανικός» εκπαιδευτής απέναντι στη συναφή επιστημονική κοινότητα, θέτοντας σε λειτουργία ένα είδος φυσικής επιλογής των ιδεών που αναδύονται στο εσωτερικό της. Οι επιτυχημένες ιδέες περιβάλλονται βαθμιαία με έναν μανδύα «αισθητικής ανωτερότητας». (Διαισθανόμαστε εν προκειμένω ένα αδύνατο ή ασαφές σημείο στην επιχειρηματολογία του Weinberg.) Επισημαίνει, όμως, και ένα παράλληλο φαινόμενο, την τάση μιας μερίδας φυσικών να επικεντρώνουν την προσοχή τους σε προβλήματα που υπόσχονται ωραίες και εννοιολογικά «διεγερτικές» λύσεις, ανεξάρτητα από την «πρακτική» τους σημασία (κεφ. 6).

Όπως επισημαίνει ο Weinberg, υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις ότι η λεπτομερής κατανόηση των διαδικασιών αυθόρμητης παραβίασης των σήμερα γνωστών τοπικών συμμετριών θα δώσει και το κλειδί για τον προσδιορισμό των μαζών των θεμελιωδών σωματιδίων. Η διάγνωση όλων των (μάλλον έντεχνα κρυμμένων) τοπικών συμμετριών των φυσικών νόμων, καθώς και των συγκεκριμένων διαδικασιών θραύσης πολλών απ' αυτές στη «λύση» που αντιστοιχεί στο σύμπαν μας, είναι σήμερα το κεντρικό πρόβλημα της φυσικής θεμελιωδών αλληλεπιδράσεων.

Στα κεφάλαια 8 και 9 ο Weinberg σκιαγραφεί μερικές επίκαιρες πτυχές από τη συναρπαστική αυτή προσπάθεια αποκρυπτογράφησης της κρυμμένης συμμετρίας των φυσικών νόμων. Αναφέρεται στις δυνατότητες που προσφέρουν τα βαθμωτά πεδία (Higgs) να παραβιάζουν συμμετρίες, όταν δεν μηδενίζονται στο «κενό», αλλά και στο πρόβλημα ευστάθειας (the hierarchy problem) που δημιουργούν με τη σειρά τους. Μας εξηγεί πως το πρόβλημα των μη-μηδενικών μαζών των φερμιονίων μπορεί να αναδιατυπωθεί ως το πρόβλημα της ισχύος των αλληλεπιδράσεων των εν λόγω φερμιονίων με τα πεδία Higgs. Κάνει λόγο για την επίλυση μιας νέου τύπου συμμετρίας, της υπερσυμμετρίας, που συσχετίζει σωματίδια με διαφορετικά σπιν, προκειμένου να λυθεί το «ιεραρχικό πρόβλημα», που, όμως, εγείρει ένα νέο δύσκολο πρόβλημα, με ποιο τρόπο, συγκεκριμένα, παραβιάζεται η υπερσυμμετρία. Παρουσιάζει τις δυνατότητες για ενοποίηση που προσφέρει η ιδέα ότι η παραβίαση της συμμετρίας αλλάζει με την ενεργειακή κλίμακα, όπως αλλάζουν και οι «σταθερές» σύζευξης των θεμελιωδών αλληλεπιδράσεων. Αναφέρεται, επίσης, στην νέα κατανόηση της απαίτησης για ανακανονικοποιήσιμη (renormalizable) θεωρία στο εννοιολογικό πλαίσιο των ενεργών (λειτουργικών) πεδίων θεωριών (effective field theories), κάτι που ανοίγει τον δρόμο για θεμελιώδεις θεωρίες νέου τύπου, όπως θεωρίες υπερχορδών. Το κεφάλαιο 9 έχει μια ισορροπημένη παρουσίαση των υποσχέσεων και των προβλημάτων που έφερε στο προσκήνιο η θεωρία χορδών.

Ο Penrose παίρνει καθαρά αρνητική στάση στις κεντρικές ιδέες του Weinberg. Βρίσκει τις συμμετρίες μάλλον ανιαρές και τη θεμελιώδη σημασία των αυθόρμητων παραβιάσεων τους στο σύμπαν μας μάλλον ατεκμηρίωτη και προβληματική. Ίσως το μέλλον δείξει ότι σε γενικές γραμμές λαθεύει. Οι ενδείξεις για τη θεμελιώδη σημασία των συμμετριών και των δυναμικών (αυθόρμητων) παραβιάσεων τους είναι πολύ ισχυρές για να θεωρηθούν συμπωματικές.

Είναι αλήθεια ότι οι σημερινές συγκεκριμένες προτάσεις για διαδικασίες παραβίασης ηλεκτρασθενών και γενικότερων συναφών συμμετριών έχουν ορατές (και συνειδητοποιημένες) αδυναμίες και τους λείπει η «σαρωτική» πειστικότητα που ζητούν ο Penrose και ο Weinberg, αλλά το να παρακάμπτει κανείς το πρόβλημα και να εστιάζει αλλού θα αποδειχθεί, νομίζουμε, λάθος. Για παράδειγμα, το πρόβλημα του μηδενισμού της κοσμολογικής σταθεράς (άρα και το πρόβλημα της φύσεως, της φυσικής σημασίας, του «κενού» χωροχρόνου Μινκόφσκι) «ακουμπά» ταυτόχρονα στο πρόβλημα της κβάντωσης της βαρύτητας και στο πρόβλημα των δυναμικών διαδικασιών που, παραβιάζοντας κάποιες τοπικές συμμετρίες, προσδίδουν μη μηδενικές μάζες στα περισσότερα σωματίδια.

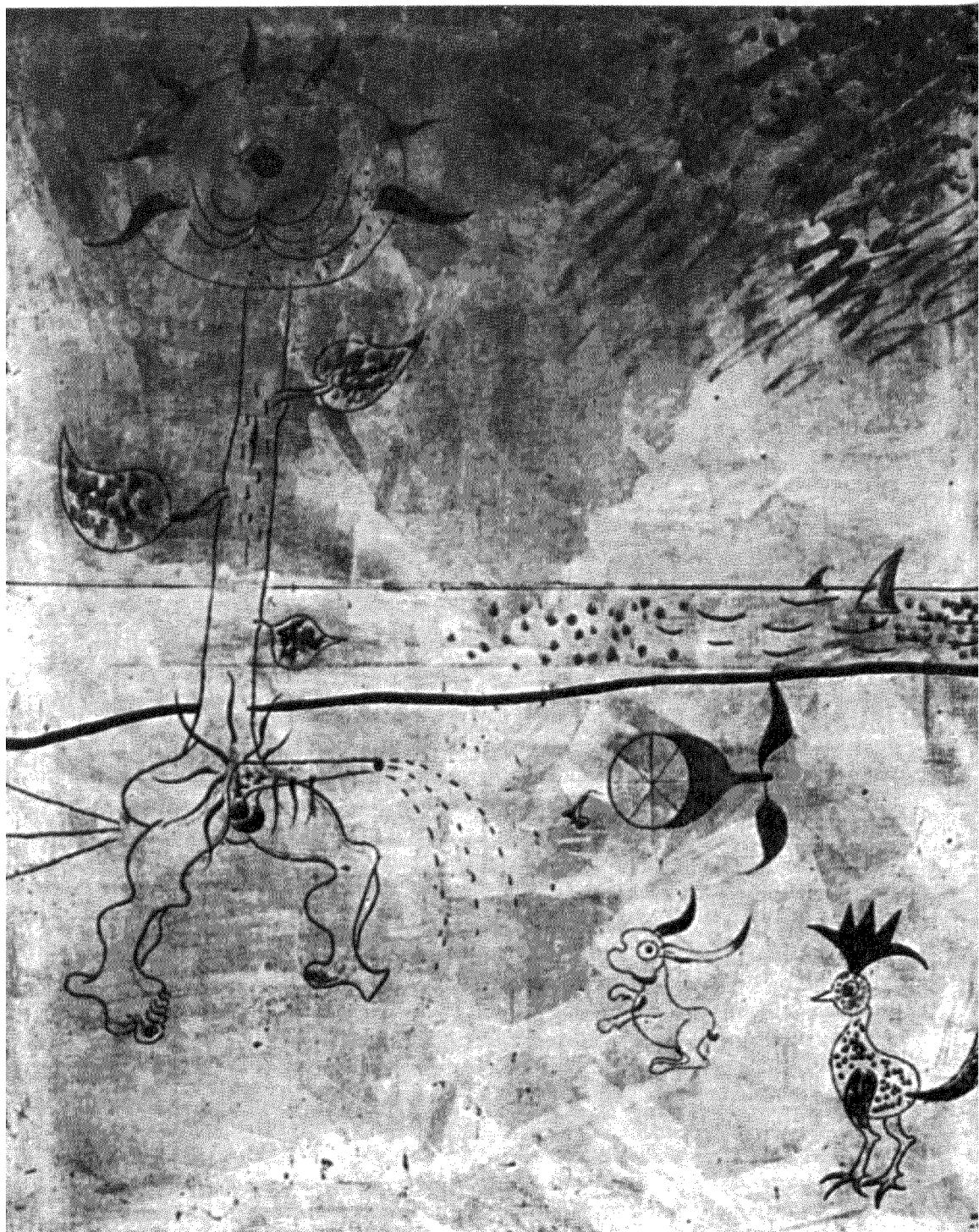
Επ' ευκαιρία αξίζει να τονισθεί ότι δεν φαίνεται να ευσταθεί η εικασία του Weinberg πως ίσως χρειαστεί να επικαλεσθούμε την «ανθρωπική αρχή» για την «εξήγηση» του μηδενισμού της κοσμολογικής σταθεράς. Ο Penrose έχει συγκεντρώσει όλη την προσοχή του σε μία γεωμετρικά κομψή κβαντική θεωρία σωματιδίων μηδενικής μάζας (twistor theory), όπου, μάλιστα, δυσκολεύεται να εισαγάγει αλληλεπιδράσεις. Η δυσκολία του αυτή νομίζουμε πως οφείλεται στο ότι αγνοεί τη σημασία της δυναμικής που παραβιάζει τις συμμετρίες αυτής της οριακής περίπτωσης.

Η πρωτοπορία των φυσικών του τομέα των Υψηλών Ενεργειών οφείλεται στο γεγονός ότι, καίτοι έχουν σαφή επίγνωση της αδυναμίας των θεωριών τους, τις δοκιμάζουν σε όλα ταυτόχρονα τα μεγάλα «μέτωπα» και έτσι έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα, σε σύγκριση με τους συναδέλφους τους, να δούνε, κάποια στιγμή, ποιανού παζλ κρατάνε τα ανακατεμένα κομμάτια.

Ολοκληρώνοντας την κριτική παρουσίαση του σημαντικού αυτού βιβλίου του Weinberg, δέον να τονίσω ότι έτυχε εξαιρετικής μετάφρασης και επιστημονικής επιμέλειας από τους Βασίλη Σπανό, Αθανάσιο Λαχανά, Γιώργο Κυριακόπουλο και Αλέκο Μάμαλη, και γι' αυτό διαβάζεται ευχάριστα.

Σημειώσεις

1. Roger Penrose, «Nature's Biggest Secret», στο *The New York Review of Books*, της 21ης Οκτωβρίου 1993.
2. Roger Penrose, *Ο νέος αυτοκράτορας* (;), Γκοβόστης, Αθήνα, 1994.
3. Roger Penrose, *Σκιές του Νου*, Γκοβόστης, Αθήνα, 1998.



Joan Miró, Η παγίδα, 1924.